

ピアノ演奏熟達の効率化を目指した練習の可視化手法

上田健太郎* 竹川佳成† 平田圭二‡

(公立はこだて未来大学)§

1 はじめに

たとえピアノレッスンに通っていたとしても、多くの場合はレッスンの時間よりも自宅で練習している時間の方が長い。つまり、楽器の演奏技術の習得には、自主的な練習の結果が大きく反映される。しかし、自宅のような身近に熟達者の居ない環境では、学習者は自分の不得手要素や練習毎の成長・変化に気付くことが難しく、得意な部分ばかりを何度も練習してしまうなど、効率の悪い練習をしがちである。その結果、学習者は練習に多くの時間を割いているにもかかわらず、それに見合った熟達効果を得る事ができず練習意欲を減退させてしまう。そこで本研究では、学習者の打鍵情報や視線情報を基にピアノ練習状況を可視化するシステムを構築し、ピアノ演奏熟達を効率化することを目的とする。

本研究の特色は、練習状況を可視化することで、様々な観点、例えば曲全体、練習履歴、学習者の性格や音楽的バックグラウンドの違いといった観点から練習を俯瞰しながら、練習のメタ分析を行うことが可能となる点である。これにより、次回の練習方略が練りやすくなり、演奏熟達の効率化が期待される。

以下、第2章では関連研究について、第3章ではピアノ練習データの取得環境について述べる。第4章ではピアノの練習データの分析環境を、第5章ではシステムの実装について述べる。第6章で予備実験について考察し、最後に第7章でまとめを行う。

2 関連研究

これまででもピアノ演奏熟達に関する研究は行われている。例として、不得手な要素を克服させるピアノ学習支援システムに関する研究 [1] が挙げられる。このシステムは、学習者の打鍵ミスや打鍵強度などの演奏データから演奏者の苦手な奏法を割り出し、集中的にトレーニングすることを目的としている。打鍵データを利用してピアノ演奏技術の習得をサポートするという点は本研究と共通しているが、本研究では打鍵データをメタな練習分析にも活用するという点で異なる。

森らが行なった、同じ曲を練習している他の人と楽譜への書き込みを共有するシステムに関する研究 [2] は、楽器練習のモチベーション維持をサポートするという点で、本研究との関連性がある。しかし、この研究では同じ楽曲の学習者同士でコメントをやりとりすることによって

モチベーション維持を図るのに対し、本研究では練習の効率化によってモチベーション維持を図るという違いがある。

田柳ら [3] は、一人称物語記述のピアノ演奏熟達化研究の一手法としての妥当性と、熟達化支援への有用性について、先行研究と試行実験を通じて検証している。また、一人称物語記述をポートフォリオ化し他者との共有化を図ることによる、知識共創型の熟達化支援システムの可能性についても論考している。これに関しては、ピアノ演奏熟達化に関する一人称物語記述手法を本研究で実装を目指すピアノ練習状況を可視化するシステムの分析結果と組み合わせ比較することで、練習に関する発見事項をより多く得られると考えられる。

3 ピアノ練習データの取得環境

3.1 ピアノ学習支援システム

ピアノ練習データの取得に関して、筆者らの研究グループは鍵盤上部に設置したプロジェクタを用いて、鍵盤上や鍵盤の周囲に打鍵情報など補助情報を投影するピアノ学習支援システムを構築した [4], [5], [6], [7]。ピアノ学習支援システムの外観およびシステム構成を、Fig.1 および Fig.2 に示す。ピアノ学習支援システムは、鍵盤上部に設置したプロジェクタを用いて鍵盤上に演奏補助情報を提示する。また、演奏者の前方に視線追跡機能付ディスプレイを配置し、プロジェクタと同様に演奏補助情報を提示している。システムは、MIDI 鍵盤による MIDI データ (打鍵位置や打鍵強度) 及び視線追跡装置による視線データ (ディスプレイ上における注視点の座標および記録時刻) を入力とする。視線追跡装置は MIDI 鍵盤上にも設置されており、システムは演奏者の鍵盤上の視線も計測している。また、演奏の様子を記録するためにビデオカメラを設置した。映像生成および視線・MIDI データ記録用の PC として TOSHIBA 社の RX-2L/E7LE を使用した。また、MIDI 鍵盤として CASIO 社の PriviA PX-110 を使用した。視線追跡装置として、譜面上の視線追跡に Tobii 社の TX-300 を、鍵盤上の視線追跡に X2-60 を使用した。プロジェクタとして BenQ 社の MP776ST を使用した。プロジェクタの鍵盤投影領域は 6 オクターブ (72 鍵) で、プロジェクタの映像がよく見えるように黒鍵は白く塗られている。PC 上のソフトウェアの開発は、Windows7 上で Microsoft 社の Visual C++ 2010 を用いて行った。

* b1011237@fun.ac.jp

† yoshi@fun.ac.jp

‡ hirata@fun.ac.jp

§ 函館市亀田中野町 116 番地 2

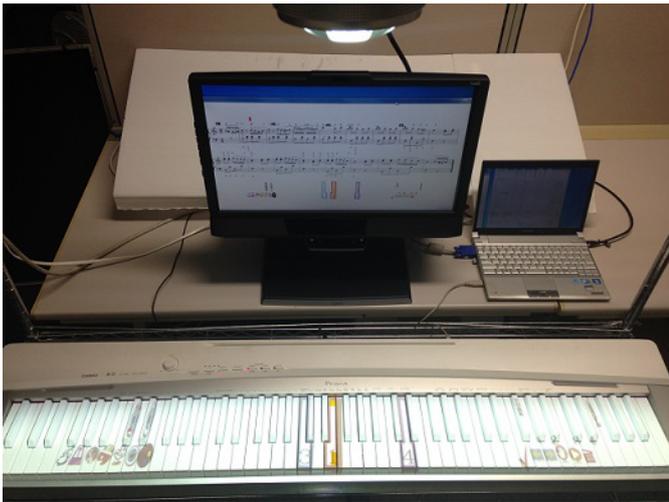


Fig. 1 ピアノ学習支援システムの外観

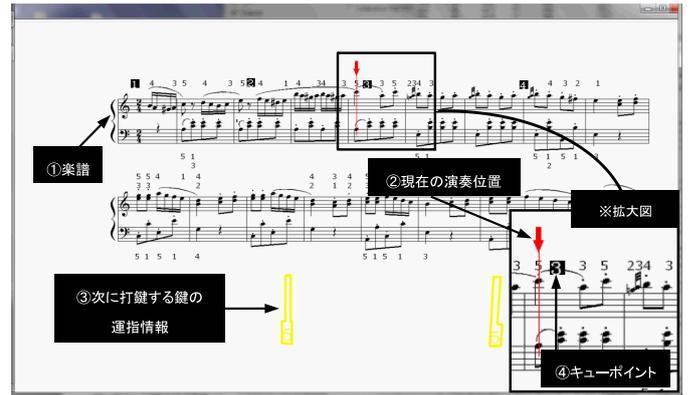


Fig. 3 デイスプレーに表示されたコンテンツ

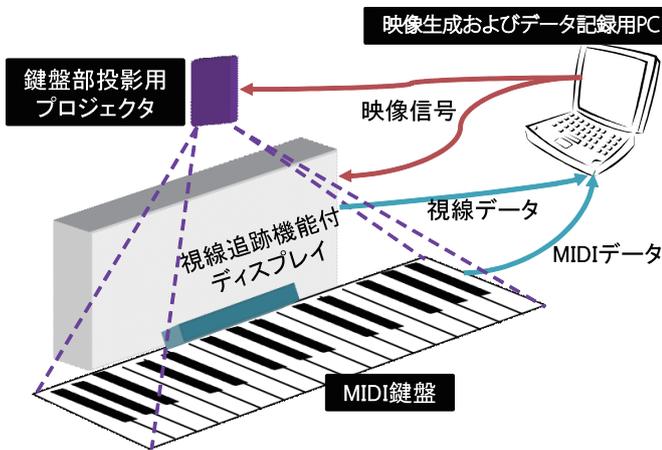


Fig. 2 ピアノ学習支援システムの構成図

3.2 提示コンテンツ

Fig.3 および Fig.4 を用いて、システムが提示する補助情報のコンテンツについて説明する。図中の番号は、以下の箇条書き番号に対応している。

1. 前面ディスプレイに既存の紙媒体の楽譜と同様の楽譜を提示する。
2. 譜面上には現在の演奏位置を示すカーソルを提示する。これにより、学習者は現在どこを演奏しているか直観的に理解できる。正しい鍵を弾いたときのカーソルは進むようになる。
3. 次に演奏する鍵上に色付枠を提示する。運指情報は、運指番号(親指から小指にかけて1から5の番号がそれぞれ割り当てられている)ごとに対応している輪郭の色や、鍵上に運指番号を提示することで示す。これにより学習者は容易に打鍵位置や運指を把握できる。また、ディスプレイにも鍵盤と同様の打鍵位置情報や運指情報を提示する。ディスプレイには鍵の枠しか提示されないため、鍵盤上に提示された情報と比較して得られる情報は少なく、直観性に欠ける。

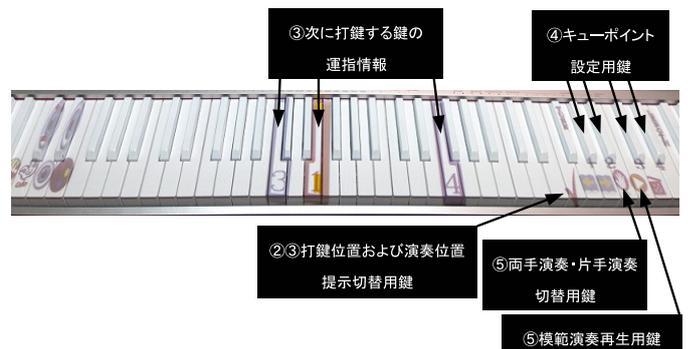


Fig. 4 鍵盤に表示されたコンテンツ

4. 楽譜上に表示されている番号付きの黒地白抜きのはみ出しの四角形は、現在位置をマニュアルで変更できるキューポイントである。これは、学習者が集中的に練習したい場合や、途中から演奏したい場合に有効である。キューポイントを切り替えるアイコンを、演奏で使用しない鍵の鍵盤上に投影し、その鍵を打鍵することでユーザが選択的に利用できるようにする。これをキューポイント設定機能と呼ぶ。
5. ピアノ学習支援システムは、打鍵位置および運指情報を提示するかどうかを切り替える機能(打鍵位置提示 ON-OFF 機能)を持ち、この機能を操作するアイコンを演奏で使用しない鍵の鍵盤上に投影する。打鍵位置提示 ON-OFF は、割り当てられた鍵を押すごとにトグル式で切り替わる。また、当該システムは模範演奏を再生する機能(模範演奏再生機能)を持ち、同様に演奏で使用しない鍵の鍵盤上に模範演奏再生機能に対応するアイコンを投影する。学習者が模範演奏再生機能に割り当てられた鍵を押下すると模範演奏の再生が始まり、再生中にその鍵を再度押下すると模範演奏を途中で止められる。

4 ピアノ練習データの分析環境

4.1 ピアノ練習可視化システム

第1章で述べたように、演奏技術の習得の際、自宅のような身近に熟達者の居ない環境では、学習者は自分の

不得手要素や練習毎の成長・変化に気付くことが難しく、得意な部分ばかりを何度も練習してしまうなど、効率の悪い練習をしがちである。また、当該システムの位置付けは、ピアノ学習者だけでなく、教師や他の学習者が個別の端末で練習時以外にも利用されることを想定している。そのために、システム設計における要件として下記の3点を挙げる。

1. 課題曲の練習状況を様々な観点から可視化する。
2. ユーザ自身または他の学習者の練習状況を共有・比較できる。
3. ユーザが練習の可視化方法を選択できる。

まず、1つ目の要件はユーザの練習状況を打鍵データや視線、練習モードの選択状況など様々な観点から可視化し、ユーザの練習のメタ分析を促す必要性を示している。2つ目の要件は、ピアノ学習支援システムが組み込まれたパソコンだけでなく、ユーザや教師、他の学習者が利用するパソコン、スマートフォン、タブレットでもシステムを利用することができる必要性を示している。3つ目の要件は、システムが練習状況を可視化する際、ヒートマップや折れ線グラフなど、ユーザが複数の可視化方法を選択できる必要性を示している。

4.2 システム構成

ユーザはまず、ピアノ学習支援システムを利用し課題曲を練習する。その際、ピアノ学習支援システムはテキスト形式で打鍵情報を出力する。打鍵情報は、練習開始からの経過時間(ミリ秒)、何列目の音符かを示す音符番号、鍵盤番号、打鍵された音名、打鍵強度、押鍵から離鍵までの時間(ミリ秒)、打鍵すべき音名などの情報から成る。ピアノ練習可視化システムはこの打鍵情報を分析し、課題曲の練習状況をヒートマップ形式で可視化する。また、キューポイント毎の練習状況や練習モードの選択状況等も、レーダーチャート形式で可視化する。

5 システムの実装

ピアノ練習可視化システムのプロトタイプを実装した。コーディングはMac OSX上のXcodeでJavascriptを用いて行った。ヒートマップ表示にはJavascriptのheatmap.jsライブラリ、レーダーチャートや円グラフの表示にはchart.jsライブラリを利用した。

Fig.5は、このプログラムによって作成したピアノ練習ヒートマップである。また、Fig.6はFig.5の練習ヒートマップの一部を抜き出し、拡大したものである。Fig.6に示したように、練習ヒートマップ上から1段目はその列の音符全てに関する合計打鍵回数を表しており、透明、白色、黒色の順に回数が多いことを示している。2段目はその列の上から1つ目の音符に関し、正しく打鍵できた回数を表しており、透明、白色、黒色の順に回数が多いことを示している。3段目、4段目はその列の上から2つ目、3つ目の音符に関し、正しく打鍵できた回数を表しており、透明、白色、黒色の順に回数が多いことを示している。5段目はその列の音符に関するミスタッチの回数を示しており、透明、白色、黒色の順に回数が多いことを示している。

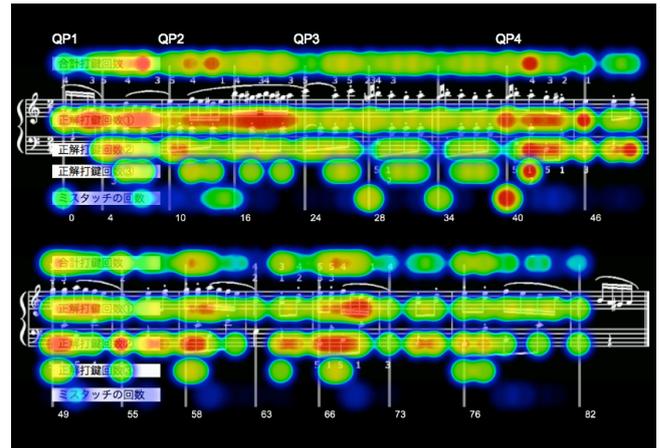


Fig. 5 ピアノ練習ヒートマップの外観

いことを示している。3段目、4段目はその列の上から2つ目、3つ目の音符に関し、正しく打鍵できた回数を表しており、透明、白色、黒色の順に回数が多いことを示している。5段目はその列の音符に関するミスタッチの回数を示しており、透明、白色、黒色の順に回数が多いことを示している。

Fig.7の左上のレーダーチャートは、キューポイントの利用回数を示す。Fig.7の右上のレーダーチャートは各種システムキーの利用状況を示している。システムキーは3.2節で述べたように、キューポイント1に戻るキー、キューポイント2に戻るキー、キューポイント3に戻るキー、キューポイント4に戻るキー、練習モード(両手/左手/右手)切替キー、模範演奏再生キーの6つから成る。Fig.7の右下の円グラフは、練習モードの選択状況を示している。薄灰色は両手モード、濃灰色は左手モード、白色は右手モードの割合を示している。Fig.7の左下の円グラフは、譜面と鍵盤間の視線の割合を示している。薄灰色は視線が譜面上にあった割合、濃灰色は視線が鍵盤上にあった割合を示している。

6 予備実験

ピアノ練習可視化システムの有用性を検証するために、予備実験を行った。

6.1 被験者

被験者はA, Bの2名で、いずれも20代の成人である。両名共にピアノ未経験者であるが、被験者Aはギターとフルートの演奏経験があり、被験者Bはダンス経験がある。なお、当該システムはピアノ初心者を対象としているため、両名共にピアノ未経験者とした。

6.2 課題曲

課題曲として、W.A.Mozartのピアノソナタ第11番第3楽章トルコ行進曲の冒頭部分(最初から17小節目まで)を練習してもらった。なお、課題曲については被験者全員が聴いたことがあるが、演奏したことはない。

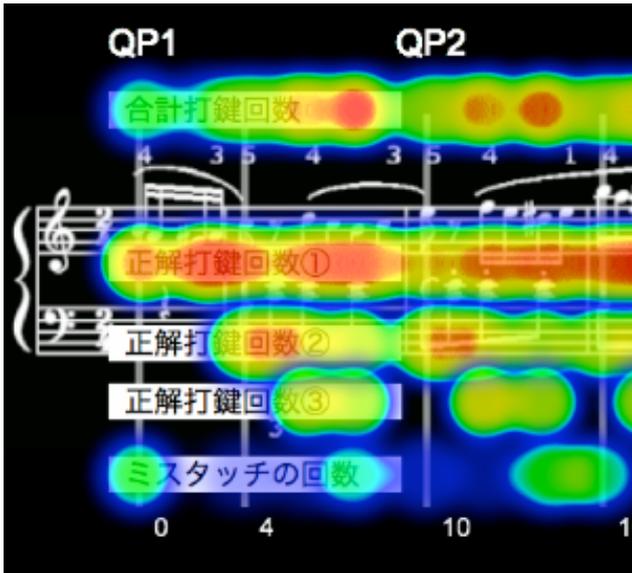


Fig. 6 拡大したピアノ練習ヒートマップ

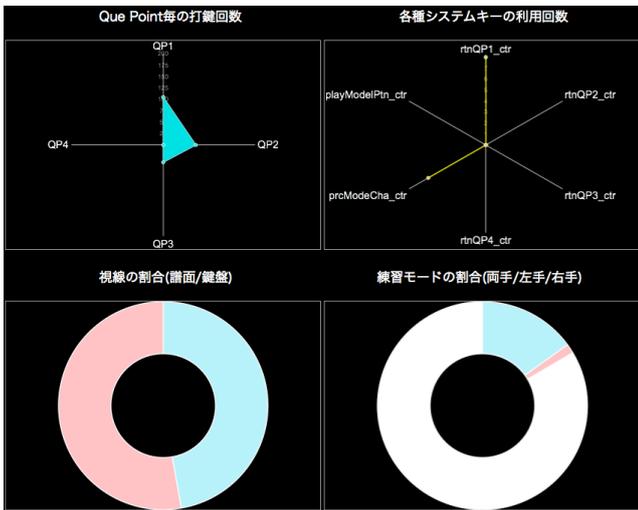


Fig. 7 各種グラフ

Table 1 各被験者の実験実施日数

被験者名	楽器経験の有無	実験実施日数
被験者 A	ギターとフルートの	6 日
	演奏経験あり	
被験者 B	なし	9 日

6.3 実験方法

トルコ行進曲を毎日 30 分かけて練習した後、到達度テストとしてピアノ学習支援システムの利用なしで最初から最後まで一通り演奏するという試行を毎回行った。到達度テストにおける誤打鍵数が 0 回となるまで実験を続けてもらった。到達度テストにおける誤打鍵回数が 0 回になるまで実験を続けてもらったため、Table1 に示したように被験者毎に異なる。30 分の練習については前述のピアノ学習支援システムを用い、到達度テストは学習支

援システムを使わずに課題曲の譜面のみ提示した。実験中は、視線計測装置が生成する視線データ、MIDI 鍵盤が生成する打鍵データをシステムに記録し、演奏中の様子をビデオカメラで記録した。なお、予備実験では打鍵データの分析を中心に行ったため、視線データは取得していない。

6.4 被験者への指示

30 分間の練習では「自然なテンポで楽譜を見ながらミスなく弾けることを意識して、機能を自由に使いながら 30 分間練習してください。また、このあと到達度テストを行います。到達度テストでは打鍵位置の情報や演奏位置の情報などシステムからの補助情報がない状態で弾いてもらいます。実験中に質問があれば何でも聞いてください」と指示した。また、到達度テストでは「今から到達度テストを行います。最初から最後まで模範演奏にできるだけ近いテンポでミスなく弾いてください。制限時間は 5 分間です。わからないところがあれば飛ばしてもらって構いませんし、これ以上演奏できなければ言うてください。ただしミスしてしまったり、止まってしまった場合でも最初に戻って演奏をやり直すことはせず、止まってしまった箇所から弾き直してください」と指示した。

6.5 結果

練習モードの選択状況 いずれの被験者も、実験 1 日目は片手モードで練習した割合が多く、練習の約 9 割を片手モードで行っていた。しかし被験者 A は 2 日目の時点で練習のほぼ全てを両手モードで行っており、その傾向は 6 日目の最終日まで続いた。一方、被験者 B は 2 日目の時点では両手モードで練習した割合は約 6 割に留まっており、その後も両手モードの練習割合が増減を繰り返した。被験者 B が被験者 A と同じように、練習のほぼ全てを両手モードで行うようになったのは、9 日目の最終日であった。

打鍵回数の推移 実験日毎の各被験者の打鍵回数を Table2 に示す。また、実験日毎の各被験者のミスタッチ回数を Table3 に示す。なお、被験者 B の 4 日目に関しては、システムの不具合により打鍵回数を記録できなかった為、打鍵回数を記載していない。Table2 に示したように、被験者 A と B の間では初日の段階で差が出ており、練習初日から最終日までの打鍵回数の平均にも差が出た。しかし、両者の打鍵回数の差は実験実施日数が経つにつれて小さくなり、最終日の打鍵回数は被験者 A が 5,149 回、被験者 B が 5,133 回となった。Table3 に示したように、被験者は両者共に実験実施日数が経つにつれてミスタッチの回数も増加した。しかし、打鍵回数も同様に増加していたため、練習全体でのミスタッチの割合はどちらの被験者も減少した。

練習ヒートマップの推移 Fig.8, Fig.9 の上側は、被験者

Table 2 各被験者の打鍵回数

	被験者 A	被験者 B
1 日目	2,401	1,443
2 日目	3,523	1,893
3 日目	4,322	2,326
4 日目	4,579	—
5 日目	4,944	2,298
6 日目	5,149	2,891
7 日目	—	3,010
8 日目	—	3,951
9 日目	—	5,133
平均	4,158	2,868

Table 3 各被験者のミスタッチ回数

	被験者 A	被験者 B
1 日目	226	117
2 日目	375	263
3 日目	493	287
4 日目	595	—
5 日目	590	174
6 日目	774	211
7 日目	—	245
8 日目	—	287
9 日目	—	344
平均	509	241

A, B の初日のヒートマップをそれぞれ示す。また, Fig.8, Fig.9 の下側は, 被験者 A, B の最終日のヒートマップをそれぞれ示す。このように, 被験者 A, B の両名は共に初日は上段 (0 小節目から 8 小節目) に重点をおいて練習し, 下段 (9 小節目から 15 小節目) はあまり練習できていない。被験者 A に関しては最終日では上段と下段でほぼ均等に練習できているが, 被験者 B は最終日においても, 上段の先頭から数小節の部分を繰り返し練習していることが明らかになった。

6.6 考察

6.5 節で述べたように, 被験者 A と被験者 B は両者共にピアノ未経験者であったが, 実験日数, 練習モードの選択状況, 打鍵回数の推移, 練習ヒートマップの推移の全てで大きな差があった。6.1 節で述べたように, 被験者 A はピアノ以外の楽器の演奏経験があった為, ピアノ演奏熟達には単にピアノ経験者か未経験者かだけでなく, 音楽的なバックグラウンドも大きく影響を及ぼすと考えられる。また, 被験者 B の練習モードの選択状況と練習ヒートマップは, 被験者 A のそれらと比べて偏りが大きかった。このことから, ピアノ演奏熟達の効率化には, こ

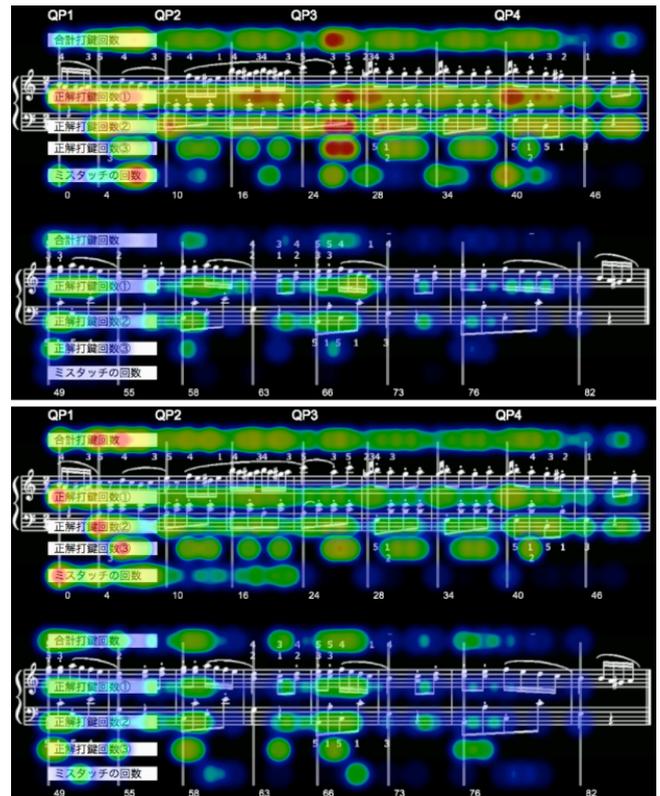


Fig. 8 被験者 A の練習初日 (上) と最終日 (下) の練習ヒートマップ

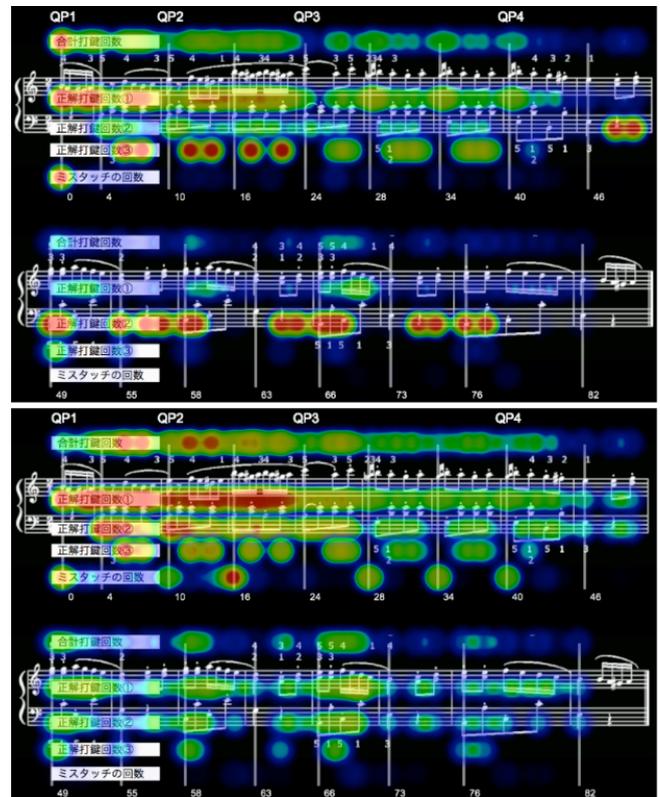


Fig. 9 被験者 B の練習初日 (上) と最終日 (下) の練習ヒートマップ

これらの偏りの是正が有効である可能性がある。

7 まとめ

本研究では、学習者の打鍵情報や視線情報を基にピアノ練習状況を可視化するシステムを構築し、ピアノ演奏熟達の効率化を目指した。提案システムはヒートマップ形式で課題曲の練習を可視化し、さらに練習モードの選択状況なども計測できるため、ユーザは客観的に練習を分析しながら練習を進めることができる。予備実験を通して、ピアノ演奏熟達にはピアノ経験の有無だけでなく、他の楽器の演奏経験の有無などの音楽的なバックグラウンドの違いも影響を及ぼすことが明らかになった。今後の課題としては、ユーザの視線を観測し、楽譜・譜面上の視線の割合とピアノ演奏熟達の間関係を明らかにすることや、練習状況をよりユーザが直感的に理解できる形式で表示すること、ユーザの練習に関する一人称記述を練習の分析に取込むこと、被験者を増やした本実験を行なうことなどが挙げられる。

参考文献

- [1] 大島千佳, 井ノ上直己, 不得手要素を克服させるピアノ学習支援システムに向けて, 情報処理学会研究報告, 2007-MUS-71(30), 2007
- [2] 森郁彌, 西本一志, 小倉加奈代, 連帯感醸成によるピアノ独習者のための練習動機づけ支援システム, 情報処理学会 インタラクシオン 2012, 2012
- [3] 田柳恵美子, 平田圭二, 竹川佳成, 椿本弥生, 音楽演奏熟達化研究への一人称物語記述手法の導入, 知識共創第4号 (2014), 2014
- [4] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦, 運指認識技術を活用したピアノ演奏学習支援システムの構築, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.2, 2011
- [5] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦, リズム学習を考慮したピアノ演奏学習支援システムの設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, 2013
- [6] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦, システム補助からの離脱を考慮したピアノ演奏学習システムの設計と実装, コンピュータソフトウェア (日本ソフトウェア科学会論文誌), Vol.30, No.4, 2013
- [7] 竹川佳成, 椿本弥生, 田柳恵美子, 平田圭二, 鍵盤上への演奏補助情報投影機能をもつピアノ学習支援システムにおける熟達化プロセスに関する調査, インタラクティブシステムとソフトウェア XXI, 日本ソフトウェア科学会, WISS2013, 2013